Die Knochenstärke der Pferde in ihrer Beziehung ...

Johannes Janning

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät der Königl. Universität Breslau.

Referent: Professor Dr. **Fr. Holdefleiss.**

Das Examen rigorosum hat stattgefunden am 26. Februar 1908.

Meiner Braut

in Liebe und Verehrung

gewidmet.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer und Chef

Herrn Professor Dr. Friedrich Holdefleiss

für die Anregung zu vorliegender Arbeit und sein mir in jeder Hinsicht stets erwiesenes Wohlwollen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

„Die Knochenstärke des Pferdes" ist ein neuerdings in der Fachliteratur oft berührtes Thema, wobei es sich vor allem um die Frage handelt, ob ein gesetzmässiger, typischer Rassenunterschied im organischen Bau der Knochen von Schritt- und Laufpferden besteht. Diese Frage wurde bis vor einigen Jahren als bereits gelöst betrachtet, wenigstens waren die berufenen Vertreter der Tierzucht, Praktiker sowohl wie Männer der Wissenschaft darin einig, dass die Knochen der Warmblüter von festerem Gefüge seien, und für sie somit auch eine relativ grössere Widerstandsfähigkeit charakteristisch wäre. Born und Möller[1]) bringen z. B. im Handbuch der Pferdekunde hierüber folgende Ansicht zum Ausdruck: „Der Knochen des Orientalen ist dichter, härter und daher auch viel widerstandsfähiger als bei ber occidentalischen Rasse, bei der derselbe einen mehr porösen schwammigen Bau besitzt." — Auch Günther[2]) huldigt in seinem Werke „Das Gangwerk der Pferde" der Anschauung, dass bei den Knochen der edleren Pferden das geringe Volumen durch eine erhöhte Festigkeit in der organischen Struktur ersetzt werde. Dann ist in anderen hippologischen Schriften häufig von den elfenbeinartigen Knochen der Blutpferde einerseits, von den löcherigen, mulschen Schrittpferdeknochen andererseits die Rede, und die oft angewandte Einteilung der Rassen in edle und gemeine Pferde ist auf die sehr verbreitete Ueberzeugung der Fachleute von dem Strukturunterschied des Knochengewebes zurückzuführen. Alle diese Ansichten basieren

[1]) Born u. Möller, Handbuch der Pferdekunde Berlin 1890 S. 13.
[2]) Günther, Das Gangwerk der Pferde. 1845.

wahrscheinlich nur auf oberflächlichen oder rein theoretischen Betrachtungen, jedenfalls fehlen gründlich wissenschaftliche Untersuchungen als Garantie für ihre unbedingte Richtigkeit. Sie wurde auch, da sich die Ergebnisse einiger neuerer Arbeiten auf diesem Gebiete mit den alten Anschauungen nicht mehr deckten, stark in Frage gezogen. Tierzuchtinspektor Dettweiler[1]) äussert sich zunächst, gestützt auf makroskopische Untersuchungen an Knochenschliffeu hierüber folgendermassen: „Er glaube nicht mehr an charakteristische Rassenunterschiede in der Knochenstruktur, sondern an die individuelle Ausbildung der in den einzelnen Tieren steckenden Anlagen, die sich natürlich nach der verschiedenartigen Benutzung verschiedenartig äussert“. Als Beweis führt er an, dass er an den Knochenschliffen von einem englischen Vollblut und einem gewöhnlichen Landpferde, einem bayrischen Norier in der Knochenstruktur keine wesentlichen Unterschiede bemerkt habe; dagegen zeige ein Knochen von einem kaltblütigen Landgestütshengste aus Celle einen sehr porösen schwammigen Bau gegenüber dem eines anderen Zugpferdes; d. h. es bestehen oft grosse Differenzen in der Knochenqualität, doch werden sie nicht durch die Rasse, sondern durch das Mass der Anforderungen und Arbeit bedingt. Hier wird demnach als Erklärung für die verschiedene Dicke und Form des Metakarpus der Einwirkung rein mechanischer Kräfte grosse Bedeutung beigelegt, eine Ansicht, welche sicherlich viel für sich hat, und auf die ich später nochmals zurückkommen werde. Ferner spricht Professor Dr. v. Nathusius[2]) in einem Artikel der Illustr. Landw. Zeitschrift: „Einiges über Messen und Wiegen der Pferde“ die Ansicht aus, „alle Behauptungen über bessere Knochenqualität der edlen Pferde seien bis auf Weiteres zu ignorieren, wenigstens von denen, für die es sich in diesen Dingen um ernsthafte Arbeit, nicht aber um bequemere Redensart handle.“ Während der erstere Autor einen individuellen Strukturunterschied anerkennt, behauptet Nathu-

---

[1]) Deutsche landw. Tierzucht 1904 Nr. 27.

[2]) Ill. landw. Zeitschrft. 1905 Nr. 85.

sius, dass er bei all den Knochen, die er durchsägt, eine gleiche Beschaffenheit des Gewebes konstatiert habe, und keiner dass Beiwort elfenbeinartig verdiene. War auch mit diesen Urteilen zweier anerkannt tüchtigen Fachleute die Frage der Knochenstärke wegen des wenig begründeten Beweises nicht gelöst, so waren sie doch geeignet, ein altes Vorurteil aus der Welt zu schaffen und wieder das Interesse der Wissenschaft für diesen Punkt anzuregen. Um über den wahren Sachverhalt Klarheit zu schaffen und hierfür an Stelle der Hypothesen genaue wissenschaftliche Belege zu bringen, unternahm es Professor Dr. Holdefleiss-Breslau mit seinen Schülern, exakte Untersuchungen über die Knochenstärke der Pferde anzustellen.

Durch seine liebenswürdige Anregung und bereitwillige Unterstützung mit sachkundigem Rat, wofür ich ihm an dieser Stelle noch meinen herzlichen Dank ausspreche, ist es mir möglich gemacht, nachfolgende Resultate in dieser Arbeit niederzulegen.

Als Versuchsobjekt wurde das vordere Röhrbein des Pferdes, der Metakarpus gewählt; einmal, weil das Messen der Schienbeine beim lebenden Pferde ein in der Praxis sehr verbreitetes Verfahren ist, und man so für die Zweckmässigkeit oder Verwerflichkeit desselben strikte Beweise bringen könnte, dann, weil der Metakarpus als relativ dünner Knochen wegen seiner Lage auf Widerstandsfähigkeit am meisten geprüft wird. Man liess sich die Schienbeine von etwa 50 Pferden verschiedener Rassen, die auf dem Schlachthofe von Breslau geschlachtet wurden, auf das gewissenhafteste besorgen, worauf sie von den noch anhaftenden Teilen sehr sorgfältig präpariert wurden. In Bezug auf die Herkunft der Knochen musste man sich mit den hier zur Abschlachtung gelangenden Pferden zufrieden geben. So war es leider nicht möglich, die Röhrbeine von einem Vollblutpferde zu erhalten; als Vertreter der reinen Kaltblutrasse standen einige Belgier zur Verfügung, während die übrigen Pferde, deren Schienbeine untersucht wurden, schwere und leichtere Typen der warmblütigen Rasse waren.

Die verschiedenen Messungen, die Bestimmung des absoluten wie des spezifischen Gewichtes, die mikroskopische Untersuchung der Knochenstruktur und endlich die Feststellung des Verhältnisses der organischen zur anorganischen Substanz nahm unter Leitung von Professor Dr. Holdefleiss Herr Nowakowski vor, der die Resultate und die hieraus gewonnenen Schlüsse für die Knochenstärke in seiner Dissertationsschrift, die in nächster Zeit herausgegeben wird, dargelegt hat. Inzwischen erschien, hiervon unabhängig, eine Arbeit von Professor Dr. Krämer[1]) und eine zweite Schrift von Dr. Wolter[2]), die ebenfalls diese Frage zum Gegenstand ihrer Untersuchung gemacht hatten. Da beiden Autoren ein sehr ausgiebiges Material zur Verfügung stand, und die Exaktheit der Versuche ausser Frage steht, so dürften die erzielten Resultate, sofern sie übereinstimmen, ziemlich ausschlaggebend sein. Nun weichen aber die Untersuchungsmethoden teilweise von einander ab, indem der Stoff von zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus behandelt ist. Wolter gibt uns eine sachliche Darstellung seiner Versuche, die ausser den Wägungen und Messungen, besonders auf die Biege- und Torsionsfestigkeit der Knochen gerichtet sind. Krämer dagegen hat auch den inneren Bau durch mikrophotographische Aufnahmen klarzulegen versucht und macht uns mit den Faktoren, die den Knochen in physiologischer und morphologischer Hinsicht beeinflussen, näher bekannt. Es ist daher für die Lösung der Frage von Wichtigkeit zu erfahren, ob die Ergebnisse der Untersuchungen beider Autoren in aequivalenten Punkten konvergieren, und ob die verschiedenen Forschungsrichtungen zu demselben Gesamtresultate führen. In Bezug auf die äussere Form wurde in genauer Uebereinstimmung ein grösseres Volumen und absolutes Gewicht der Schrittpferdeknochen konstatiert, und zwar ist nach Wolter

das absolute Gewicht um 30% grösser,
das Volumen um 23%

---

1) Deutsche landw. Tierzucht, 1905 Nr. 49.
2) Landw. Jahrbücher, 1907 Heft 3.

die Länge um 3%
und der mittlere Durchmesser um 12,4%.

Ausserdem fand man, dass die Wandungen bei den Knochen der edlen Pferde in der Mitte der Diaphyse mehr eingezogen sind, sich also der Zentralachse nähern, während die Knochen der Pferde, die sich vorwiegend im Schritt bewegen, mehr steile Wandungen besitzen. Der Grund hierfür ist in der verschiedenartigen Einwirkung des Druckes zu suchen; denn bei den letztgenannten Pferden sind wegen der einseitigen, fast senkrechten Belastung des Metakarpus die geraden Wände rationell. Bei den raschen und regelmässigen Bewegungen der Laufpferde dagegen wirkt der Druck von allen Seiten auf das Röhrbein ein, und die beschriebene Form desselben ist für den entsprechenden Ausgleich am günstigsten. Aehnliche Motive liegen der vorgefundenen Tatsache zu Grunde, dass die Wände der Schrittpferdeknochen nach den Seiten stärker werden, wodurch der Durchschnitt der Knochen eine mehr ovale Gestalt erhält, während bei dem Metakarpus der edlen Pferde das umgekehrte Verhältnis zu beobachten ist. Es hängt dieses damit zusammen, dass die Zugpferde wegen der ihnen meistens eigentümlichen breiten Schultern, die Beine etwas nach innen setzen, um ihnen die Richtung der Kraftmittellinie zu geben, wodurch die lateralen Wände besonders belastet werden. Durch die fast senkrechte Beinstellung der Laufpferde verteilt sich indes der Druck nach allen Seiten gleimässig und lässt die Knochenwände allseitig in mehr gleichartiger Stärke sich entwickeln. Ausserdem ist der Metakarpus der Laufpferde etwas mehr nach der rückwärts gelegenen Seite hin gekrümmt, um bei der an und für sich steilen Stellung des Knochens die heftigen Stosswirkungen abzuschwächen. Infolgedessen wird die vordere Wand wegen der Annäherung an die Zentralachse des Knochens mehr belastet, weshalb dieselbe auch bei diesen Pferden eine stärkere Ausbildung erfährt. In Bezug auf die Wandstärke selbst kommt Krämer[1]) zu der Ansicht: „Je dicker der

[1]) Deutsche landw. Tierzucht, 1906 N. 2.

Knochen, je dünner die Wand"; er geht hierbei von der Anschauung aus, dass die eigentliche Knochenmasse, die substantia compacta, nichts ist, als die dicht zusammen gelagerte Spongiosa und durch diese Zusammenlagerung, gleichviel, ob sie in höherem oder geringerem Masse stattfindet, an Knochenmasse nichts verloren geht. Es hängt demnach die Dicke der compacta lediglich von der Ausdehnung der spongiösen Gelenke ab. Da nun letztere bei Schrittpferden in der Regel weiter ausgebildet sind, so wäre hieraus unbedingt auf eine stärkere Knochenwand der Schrittpferde zu schliessen, wenn nicht, so schliesst Krämer weiter, mit der vermehrten Spongiosa auch die Ausdehnung in einen weiteren Mantel verbunden wäre, was eine Vergrösserung des Knochenvolumens, aber auch der Markhöhle zur Folge hat." Als Beweis legt er 3 Knochenschliffe dar, der kleinste von einem Vollblut stammend, zeigt die Wandstärke an drei verschiedenen Stellen gemessen, von 1,3; 1,0; 1,1 cm. Der grössere Knochen eines Halbblutpferdes weist die Zahlen 1,3; 1,0; 1,0 cm. auf, und der grösste, einem Belgier entstammend, hat 1,1; 0,9; 0,7 cm. Wandstärke.

Der Metakarpus des Belgiers weist also das grösste Knochenvolumen, aber die geringste Wandstärke auf. Diesen gegenüber stellen wir nun die Ergebnisse der Wolterschen Uutersuchung:

	Laufpferde Mittel	Schrittpferde Mittel
Absolutes Gewicht	450,44	588,95
Spez. Gewicht	1,605	1,586
Volumen	283,7	371,8
Mittlere Wandstärke mm.	8,71	9,07
Wandstärke zum mittleren Querschnittradius %	53,9	49,1

Nach dem Gesamtresultate übertreffen hier die voluminösen Schrittpferdeknochen die der Laufpferde auch an Wandstärke und zwar um 4%; es stehen also diese Zahlen mit den Resultaten Krämers im Widerspruche. In Bezug auf die relative Wandstärke oder das Verhältnis der Wanddicke zum mittleren Querschnittradius sind natürlich die Metakarpalien der Laufpferde wegen ihres bedeutend geringeren Volumens günstiger gestellt. Dieses Moment fällt bei dem von Krämer ausgeführten Experimente, die Röhrenknochen an einander zu zerschlagen, bei welchen sich die Knochen der Laufpferde als die härteren erwiesen hatten, sehr ins Gewicht, und man kann deshalb aus dem Versuche, auch wenn Metakarpen von gleicher absoluter Wandstärke gewählt werden, nicht ohne weiteres auf eine grössere Festigkeit der Laufpferdeknochen schliessen.

Ueber die Biegefestigkeit oder Tragfähigkeit des Metakarpus liegt bei beiden Autoren eine Reihe von Versuchen vor, doch ist wegen des verschiedenartigen Materials und der verschiedenen Ausführung des Experimentes ein exakter Vergleich schwer zu ziehen, dennoch seien zur besseren Veranschaulichung einige Beispiele mitgeteilt. Um den Faktor des verschiedenen Alters, der auf die Knochenstärke sehr von Einfluss ist, auszuschalten, habe ich auch aus den Resultaten der Wolter'schen Untersuchungen die für Pferde gleichen Alters, und zwar von 12 Jahren ausgewählt. Wolter fand bei den Knochen der

Laufpferde:

No.	Typus	mm. Stärke d. Rückwand	Biegefestigkeit in kg.
1	Ostpreusse	6,5	1350
10	Ostpreusse	6,5	1100
25	Ostpreusse	5,1	1380
36	Pole (10 jähr.)	6,8	770

No.	Schrittpferde		rehts	links
3	Belgier	5,0	1400	1630
6	Belgier	5,2	1520	1570
10	Däne	5,1	1540	1580
11	Shire Typ	5,6	1570	1460

Die Untersuchung Krämers hatte folgendes Ergebnis:

Typus	Stärke der Rückwd. mm.	Biegefestigkeit in kg.
Norddeutsches Kavalleriepferd	4,0	1610
Kosakenpferd	4,0	1430
Vollblut	3,0	1380
Norddeutsches Kavalleriepferd	2,0	1200
Irländer	2,5	1065
Belgier	2,1	515
französisches Zugpferd	2,0	465

Wir konstatieren zunächst, dass die Zahlen für das Mass der Wandstärke in der zweiten Tabelle durchweg niedriger sind als in der ersten, was auf ein sehr verschiedenartiges Untersuchungsmaterial schliessen lässt. Auch wenn wir dieses Moment berücksichtigen, so fällt doch bei den zuletzt angeführten Zahlen die bedeutend geringere

Biegefestigkeit der Schrittpferdeknochen gegenüber den Laufpferdeknochen auf.

Aus den Wolter'schen Beispielen ersehen wir dagegen, dass die Schienbeine der Zugpferde trotz der geringeren Wandstärke — ich habe diese mit Absicht hier gewählt — eine weit grössere Traglast auszuhalten vermögen. Allerdings sind die Schrittpferdeknochen bei diesen Versuchen wegen des grösseren Volumens günstiger gestellt, doch zeigt Wolter, dass auch die Biegefestigkeit dieser Knochen auf ein qmm. Querschnitt berechnet, um 1,67 % und wenn weiter das Verhältnis des Volumens zur Länge in Betracht gezogen wird, um 2,95 % grösser ist. Hiernach hat sich die Knochensubstanz der Laufpferde durchaus nicht als fester erwiesen, während die Untersuchungen Krämers ziemlich für das Gegenteil sprechen; beide aber stimmen darin überein, dass in dem Verhältnis der Biegefestigkeit zur Wandstärke und zum Knochenvolumen sich keine Gesetzmässigkeit zeigt, und die individuellen Abweichungen die Rassenunterschiede überragen. In Bezug auf die Elastizität stellt Krämer den Knochen der edlen Pferde ein günstigeres Zeugnis aus, während Wolter wegen der nicht ganz einwandfreien Durchführung des Versuches sich hierüber kein Urteil erlaubt. Bei der Prüfung des spezifischen Gewichts der eigentlichen Knochensubstanz fanden beide zwischen den dickeren und dünneren Metakarpalien keine wesentlichen Differenzen, doch ist nach Wolter das spez. Gewicht für die ganzen Röhrbeine bei den Schrittpferden um 1,2 % geringer.

Dieses hängt aber von der Grösse der Markhöhle ab, die bei den einzelnen Knochen sehr verschieden ist und namentlich im Alter, wo nach Zschocke[1]) das „Mark oft rücksichtslos in die Epiphysen vordringt und dadurch die Spongiosa reduziert wird, bedeutend zunimmt.“ Während man bei all diesen Versuchen nur indirekt auf einen Rassenunterschied in der Knochenstruktur schliessen kann, muss er, falls ein solcher besteht, bei den mikroskopischen Unter-

---

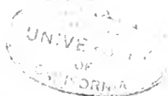
[1]) **Landwirtschaftl. Jahrbücher 1907 Heft 3.**

suchungen direkt hervortreten. Dettweiler[1]) behauptet nun, dass die Differenzen, die er hierbei gefunden habe, ganz irrelevant seien, dagegen müssen die mikrophotographischen Aufnahmen verschiedener Knochenschliffe, die Krämer darlegt, zu einer ganz anderen Ansicht führen. Es ist hiernach das Knochengewebe des Vollblutpferdes am festesten, worauf das des Halbblutpferdes und des Belgiers der Reihe nach folgt. Eine ganz lockere Struktur weist der Metakarpus eines Holsteiners auf. Somit hätte schon Hering[2]) recht, wenn er in seinen „Vorlesungen für Pferdeliebhaber" bei der Schilderung der Holsteiner sagt: „Die Knochen derselben sind schwammig, häufig mit Fehlern besetzt und zeigen wenig Ausdauer", was er auf das feuchte Klima und die üppigen Marschweiden zurückführt. Der Holsteiner ist nun ein Pferd von schwerem Kaliber, das aber als Karossier wegen seiner guten Aktion vorwiegend Verwendung findet. Geben wir also einen Strukturunterschied zu, so kommen wir gleichzeitig zu der Ansicht, dass er nicht so sehr zwischen den Pferden warmen und kaltblütigen Schlages zu Ungunsten des letzteren hervortritt, als einzelnen Typen eigentümlich, und da er hier von ganz bestimmten Momenten abhängig ist, mehr als individuell bezeichnet werden kann. Welches sind nun die Faktoren, die auf den inneren wie äusseren Bau des Knochens von Einfluss sind? Zunächst kommen wir auf die mechanischen Einwirkungen, von denen schon kurz die Rede war, zurück, jene eigentümlichen Formkomponenten, die in der Intensität der Bewegung, der Art der Belastung und den verschiedenartigen Ansprüchen zum Ausdruck gelangen. Der Knochen ist bekanntlich kein toter Körper, sondern durchsetzt von vielen kleineren und grösseren Lamellen, die ihm mit dem Blute immer neue Nährstoffe zuführen, lebt er wie jedes andere organische Gebilde. Es werden Zellen abgestossen und wieder neu gebildet. Besonders in der Jugend ist der Knochen noch sehr zarter

---

[1]) Deutsche landw. Tierzucht, 1904 Nr. 27.

[2]) Hering: Vorl. f. Pferdeliebhaber 1834.



Natur und Belastung wie Bewegung machen dann noch in erhöhtem Masse ihren Einfluss auf die Gestaltung der Knochenstruktur geltend. So nehmen die Knochen bei dauernder schneller Bewegung der Tiere eine dünnere Form an, dagegen werden, wie die Erfahrungen der Praxis lehren, dickere Knochen durch Mangel an Bewegung gebildet.

So empfiehlt Tollkiehn[1]) im Jahrgang 1902 der Georgine die Verweichlichung des Pferdes bis zu gewissen Grenzen zur Bildung stärkerer Knochen. Diese Tendenz darf ein gewisses natürliches Mass jedoch nicht überschreiten, weil dann die Dicke auf Kosten der Qualität erzielt werden würde.

Ausserdem wird durch Arbeit die Muskelkraft gestählt, kräftigere Sehnen werden gebildet, spontane Eigenschaften die für die Leistung des Pferdes ausschlaggebend und für die Nachzucht von Bedeutung sind. Daher machen wir die Erfahrung in unserer Pferdezucht, dass das Voll- und Halbblutpferd unserer Gestüte, weil seine Leistungsfähigkeit fortwährend erprobt wird, hervorragende Nachkommen zeugen, während in der Kaltblutzucht, wo vor allem auf das Knochenvolumen gesehen wird, und die Hengste in den Gestüten fern jeder Abeit und Anstrengung gehalten werden, eine allmähliche Degeneration des Arbeitspferdes zu befürchten ist. Krämer[2]) spricht über die Knochenbildung folgende Ansicht aus: „Was beim edlen Pferde da ist, das hat sich gehalten, das hat sich endgiltig geformt und angepasst an die kräftigste Inanspruchnahme durch den Zug der Bänder und Sehnen. Es hält aus, es bleibt auch in der Nachzucht. Was beim gemeinen Pferde da ist, das ist durch mangelnde Bewegung erworben, es ist gedunsen, schwammig und in der Nachzucht wird es nur bleiben, wo dieselbe Verweichlichung eintritt.“ Ohne Zweifel wird die Art der Knochen ebenso wie andere Eigentümlichkeiten vererbt, und wir können also durch richtige Zuchtwahl den Stärkegrad der Knochen be-

[1]) Georgine, landw. Zeitschrift 1902.

[2]) Deutsche Landw. Tierzucht 1904 Nr. 20.

einflussen. So werden oft einmal erworbene und weiter fortgezüchtete Eigenschaften für die Rasse charakteristisch, wofür wir einen klaren Beweis in der orientalischen Rasse haben. Aus der plumpen dreizehigen Wildform hat sich dieses Tier in allmählichen Uebergangsstadien zu dem schlankfüssigen Steppenpferd entwickelt. Durch fortwährende und immer grösser werdende Ansprüche an die Schnelligkeit des Pferdes haben die Knochen im Laufe der Zeit jene zierlichen Formen angenommen, die sich auch heute noch trotz der veränderten Lebensweise und Nahrungsverhältnisse des orientalischen Pferdes mit zäher Konstanz vererben. Doch ist die Vererbung in diesem Punkte nicht immer ausschlaggebend, und sie kann dort leicht versagen, wo die Prinzipien einer geeigneten Aufzucht ausser Acht gelassen werden. Neben der richtigen Haltung dürfte auch die Art der Ernährung ein wichtiger Faktor für die Bildung der Knochen sein. Schon haben wir auf die schwammige Struktur der Holsteiner, die wahrscheinlich eine Folge der Aufzucht auf den saftigen Marschweiden ist, hingewiesen, ferner sehen wir bei einigen Belgiern, die ihre übernatürlich dicken Knochen einer allzuguten Ernährung verdanken, das Schwinden dieser Eigenschaften, sobald die Tiere weniger reichlich gefüttert werden.

Andererseits kann eine günstige Knochenbildung nicht vor sich gehen, wenn die Nahrung unzureichend ist, vor allem gewisse anorganische Substanzen, wie Kalk und Phosphorsäure fehlen, die dem Knochen die notwendige Härte verleihen. Ist ein gewisses Minimum dieser Stoffe nicht vorhanden, so treten bei dem Tiere Krankheitserscheinungen auf, die unter dem Namen Osteomaeacie und Rachitis bekannt sind. Krämer führt ein Beispiel an, wie sehr der Kalk die Widerstandsfähigkeit des Knochens beeinflusst. Darnach wurde ein durch 2°/$_0$ Salzsäure entkalkter Würfel aus dem Schienbein eines Rindes von 5 mm. Kantenlänge durch ein Gewicht von 68 kgr. zerdrückt, während ein ähnlicher Würfel im natürlichen Zustande eine Last von 426 kgr. zu tragen vermochte, ein gleich grosser Würfel, dem die

organische Substanz durch Glühen entzogen wurde, dagegen unter einem Gewicht von 149 kg. zusammenfiel. Der Kalk ist zwar für die Bildung des Knochens wesentlich, doch ist er, wie auch die übrigen Mineralbestandteile in dem Futter und im Trinkwasser meistens in hinreichender Menge vorhanden, wenn nicht gerade durch übergrosse Trockenheit im Sommer die Zersetzung der kalkhaltigen Gesteine verhindert wird oder Gras von sumpfigen und sauren Moorwiesen dem Pferde als alleinige Nahrung dient. Neben dem Kalk kommt besonders die organische Substanz in Betracht, die namentlich auf die Gestaltung des inneren Knochenbaues von Einfluss sein soll.

Von diesen ist es vor allem das Fett, das zwischen dem Knochengewebe in grösseren oder kleineren Tröpfchen eingelagert ist und je nachdem der Knochenstruktur ein festeres oder lockeres Gefüge verleiht. Die anderen organischen Stoffe tragen einmal zur erhöhten Festigkeit des Gewebes bei; denn wir haben an dem Beispiele gesehen, dass die Widerstandsfähigkeit des Knochens am grössten ist, wenn das richtige Verhältnis der organischen Bestandteile zu den Mineralsubstanzen vorhanden ist, namentlich eine innige Verschmelzung beider Stoffe stattgefunden hat; dann wirken sie besonders auf das Volumen des Knochens ein. Nur so können wir uns die Erzielung kräftigerer und dickerer Knochen durch Fütterung von Hafer erklären; ferner wird vom Rhein [1]) berichtet, dass bei der Aufzucht der Pferde auf den mit Stickstoff gedüngten Weiden die besten Erfolge vor allem in Bezug auf Qualität wie Quantität der Knochen zu verzeichnen sind.

Zur vollständigen Lösung der Frage ist es nun erforderlich, auch diese Stoffe, die auf Knochenstärke und Gestaltung des inneren Baues von Einfluss sind, sowohl die in den einzelnen Knochen vorhandene Quantität, wie ihre Beziehungen zu einander genauer kennen zu lernen. Wenn wir z. B. der Behauptung Wolters: „Die Leistungsfähig-

---

[1]) Deutsche Landw. Tierzucht. 1906 Nr. 3.

keit der Knochensubstanz bei Schrittpferden ist grösser als bei Laufpferden Recht geben, andererseits auch einen Strukturunterschied der dickeren und dünneren Knochen, wie ihn Krämer bewiesen, als bestehend annehmen wollen, so müssen wir es als eine erwiesene Tatsache betrachten, dass die Festigkeit des Knochengewebes von der Struktur unabhängig ist. Der Beweis für die Richtigkeit des Satzes ist aber noch nicht erbracht, denn die chemische Analyse, die hierfür nur genaue Anhaltspunkte zu geben vermag, wurde bei den bisherigen Untersuchungen nicht berücksichtigt. Aus den bereits ausgeführten Knochenanalysen ist für unsern Zweck nicht viel zu entnehmen, denn teils erstrecken sie sich auf die Knochen kleinerer Tiere oder aber es fehlt bei Untersuchung von Pferdeknochen die nähere Bezeichnung des analysierten Knochens, sein Alter oder seine Abstammung. Die ausführlichsten Knochenanalysen hat wohl noch Professor Dr. Holdefleiss-Breslau gemacht, indem sich dieselben auf sämmtliche Knochen eines Pferde-, Rind- und Schweinskeletts beziehen, und aus den Resultaten, die er in seinem Buche[1]. „Das Knochenmehl“ eingehend beschrieben hat, können wir ersehen, dass die in den Knochen enthaltenen Substanzen in Bezug auf Quantität sowohl in den gleichen Knochen der verschiedenen Tiere, wie in den einzelnen Knochen desselben Tieres grosse Differenzen zeigen. Aber auch diese Untersuchungen sind für unseren Fall nicht ausreichend, weil es hier namentlich auf die vergleichenden Analysen ein und desselben Knochens und zwar des Metakarpus von verschiedenen Pferden ankommt, wobei das Moment des Alters wie der Rasse sehr zu berücksichtigen ist. Da sich nun in der ganzen chemischen Literatur hierüber keine näheren Angaben finden, solche aber, wie ich im Vorigen ausführte, zur Klärung der Frage von der Knochenstärke sehr viel beitragen können, sind einige derartige Analysen ausgeführt worden. Die Untersuchungen wurden ebenfalls im hiesigen Laboratorium für Tierproduktionslehre unter Aufsicht von Professor Dr. Holdefleiss vorgenommen

[1]) Holdefleiss: Das Knochenmehl, Berlin 1890.

und als Material einige von den Knochen, die für die erwähnten Versuche des Herrn Nowakowski bereits Verwendung gefunden hatten, benutzt. Um einen Vergleich mit den Resultaten meines Mitarbeiters besser zu ermöglichen, habe ich auch die den einzelnen Knochen gegebenen Nummern bei meinen Angaben beibehalten.

Die zu untersuchenden Röhrbeine wurden mit einem Mörser ziemlich fein zerstampft und die zerkleinerte Substanz nach gut vorgenommener Mischung zunächst zur Bestimmung des Wassergehaltes und des Fettes verwendet, ausserdem durch Verbrennen und Glühen derselben die Menge der organischen und anorganischen Stoffe festgestellt und die resultierende Knochenasche für die weitere Analyse zurückgestellt. Ueber die erst genannten Untersuchungen, die zum Teil noch von meinem Vorgänger, Herrn Dr. Kempski angestellt sind, hat wahrscheinlich Herr Nowakowski in seiner Arbeit schon berichtet, doch seien die Resultate zur besseren Uebersicht hier nochmals angegeben. In der frischen Knochensubstanz war enthalten:

Knochen No.	Wasser %	Fett %	Fettfreie % Trockensubst.
2	8,40	2,45	89,15
4	6,62	3,67	89,71
5	6,04	4,40	89,56
7	6,78	3,11	90,11
9	7,20	2,26	90,54
11	6,43	3,04	90,53
13	7,58	4,01	88,41
14	4,33	4,03	91,64
17b	5,32	0,79	93,89
21	7,19	3,19	89,62
24	6,85	3,27	89,88
36	4,77	2,79	92,44
40	8,45	0,75	90,80
47	6,87	1,53	91,60
50	8,03	0,26	91,71
52	6,54	1,74	91,72
53	7,95	2,64	89,41

Der prozentische Gehalt an Wasser schwankt zwischen 4,33 und 8,45, der des Fettes zwischen 0,75 und 4,40% und erscheint im Vergleich zu anderen Analysen etwas niedrig. So gibt z. B. Holdefleiss für den Metakarpus des Pferdes einen Wassergehalt von 14,18% und Fettgehalt von 12,44% bezogen auf frische Substanz, an. Man findet aber das Vorhandensein dieser Differenzen ganz erklärlich, wenn man bedenkt, dass bei den zuletzt erwähnten Analysen markhaltige Knochen und vielleicht noch frischeres Material verwendet wurden. Weitere Schlüsse will ich jedoch aus der aufgestellten Tabelle nicht ziehen, da sie des Weiteren in einer anderen Arbeit behandelt werden, sondern die Zahlen sind lediglich zur Angabe und Berechnung der fettfreien Trockensubstanz hier angeführt.

Die Feststellung des Gehaltes an anorganischen und organischen Bestandteilen kann nach zwei Methoden geschehen, entweder werden durch Einlegen des Knochens in 2% Salzsäure die Mineralbestandteile aus demselben extrahiert, nnd der organische Teil bleibt unversehrt, oder man glüht die Knochensubstanz, wobei nur die anorganischen Stoffe als sogenannte Knochenerde restieren. Ersteres Verfahren ist umständlicher, doch liefert es insofern genauere Resultate, als beim Glühen in der Regel etwas Kohlensäure ausgetrieben wird. Es wurde aber die zweite Methode in Anwendung gebracht, weil man auf eine genaue Bestimmung der Kohlensäure verzichtete, das Verfahren jedoch leichter auszuführen ist und eine Manipulation, nämlich das Veraschen erübrigt. Ausserdem ist der entschwundene Teil der Kohlensäure im Verhältnis zum Gewicht der Knochenasche sehr gering, wenigstens darf man annehmen, dass es sich bei mehreren Knochen derselben Art um annähernd gleiche Quantitäten Kohlensäure, welche beim Glühen verloren gehen, handelt, und deshalb der exakte Vergleich der Resultate mit einander, worauf es hier hauptsächlich ankommt, durch diese geringfügigen Ungenauigkeiten wenig leidet. Das Veraschen geschah nun in folgender Weise: Die vorher gewogene frische Substanz wurde in einem bedeckten Porzellantiegel langsam

verkohlt und darauf bei schwacher Rotglut geglüht. Auf diese Art erzielte man in der Regel ohne jeglichen Zusatz eine weisse Knochenasche. Aus dem Gewichte derselben wurde dann der Gehalt des Knochens an organischer und anorganischer Substanz berechnet, welches zu nachstehenden Ergebnissen führte:

Knochen No.	auf 100 Teile frische Substanz kommen		Auf 100 Teile fettfreie Trockensubstanz kommen	
	organ. Subst.	Mineralstoffe	organ. Subst	Mineralstoffe
2	23,07	66,08	25,88	74,12
4	26,13	63,58	29,13	70,87
5	28,56	61,00	31,89	68,11
7	30,06	60,05	33,36	66,64
9	28,07	62,47	31,01	68,99
11	25,29	65,24	27,94	72,06
13	21,23	67,18	24,02	75,98
14	22,94	65,70	28,31	71,69
17b	33,75	60,14	35,95	64,05
19	28,57	63,20	31,14	68,86
21	27,76	61,86	30,98	69,02
24	27,53	62,35	30,63	69,37
26	28,76	63,68	31,13	68,87
40	28,49	62,31	31,37	68,63
47	29,32	62,28	32,01	67,99
50	28,08	63,63	30,62	69,38
53	27,16	62,25	30,38	69,62
56	27,72	64,16	30,17	69,83

Aus dieser Tabelle geht zunächst hervor, dass die Mineralstoffe die organischen Substanzen im Metakarpus um mehr als die doppelte Menge überwiegen, und dass ihnen deshalb wohl die grössere Bedeutung zukommt. Im Allgemeinen besteht ja die Knochensubstanz unter normalen Verhältnissen zum grösseren Teile aus Knochenerde, doch

zeichnen sich nach Angabe von Holdefleiss die Röhrenknochen durch einen besonders hohen Gehalt an Mineralsubstanzen aus. So fand er im Metakarpus eines Pferdes und zwar in der fettfreien Trockensubstanz 70,76$^0/_0$ anorganische Bestandteile, womit meine Ergebnisse ungefähr übereinstimmen. Die etwas variierenden Zahlen in der hier angeführten Tabelle zeigen nun, dass ein einziges Resultat nicht allgemein für den Knochen, sondern nur für die individuelle Beschaffenheit des betreffenden Knochens massgebend ist; denn das Verhältnis zwischen Mineralbestandteilen und organischen Substanzen ist, wie aus der Tabelle zu ersehen, auch in den gleichen Knochen mehrerer Pferde durchaus nicht konstant.

Der verschiedenartigen Zusammensetzung des Knochengewebes entspricht eine erhöhte oder geringe Festigkeit desselben. Durch das Ueberwiegen der Mineralbestandteile wird die Knochensubstanz fester und widerstandsfähiger, die in grösserer Quantität vorhandene organische Substanz, fälschlich auch Knochenknorpel genannt, verleiht dem Knochen hingegen mehr Elastizität. Es fragt sich nun, ist ein relativ höherer Gehalt des Knochens an Mineralsubstanzen oder an organischen Bestandteilen charakteristisch für eine bestimmte Gattung von Pferden, oder ist er individuelle Eigenart, die durch verschiedene Momente beeinflusst wird. Nach dem Gesetze von der Erhaltung des einmal Vorhandenen, welches sich überall in der Natur geltend macht, steht es auch hier ausser jedem Zweifel, dass weichere oder festere Knochen in gewissem Grade vererbt, resp. gezüchtet werden können. Andererseits kann, wie ich schon in der Einleitung bei der Begründung für die verschiedenartig gestaltete Struktur des Knochengewebes dargelegt habe, auch hier die Ernährung eine Veränderung des bestehenden Verhältnisses zwischen organischer und anorganischer Substanz herbeiführen. Dieser Faktor gewinnt an Bedeutung, wenn der vorgefundene Gehalt des Knochen an solchen Stoffen lediglich Eigentümlichkeit des Jndividuums, nicht aber einer ganzen Rasse ist; in anderem Falle müsste sich derselbe unter gesunden Lebens-

bedingungen allen äusseren Einflüssen zum Trotz mit zäher Konstanz behaupten, und eine durch wechselnde Ernährung eingetretene Veränderung würde höchstens anormale Zustände schaffen. Wenn die von Wolter gemachte Beobachtung, dass für die Festigkeit der Knochen die Rassenunterschiede neben der individuellen Verschiedenheit gar nicht in Betracht kommen, richtig ist, so müssen die Quantitätsverhältnisse der den Knochen bildenden Substanzen ein ähnliches Resultat ergeben. Die in der folgenden Tabelle ausgeführte Zusammenstellung der gefundenen Resultate mit Angabe der Pferderassen, denen die Knochen entstammen, wird geeignet sein, uns über die tatsächlich vorhandenen Verhältnisse näheren Aufschluss zu geben. Bei diesem Vergleich ist jedoch als einflussreicher Faktor noch das Alter des Pferdes zu berücksichtigen, denn die Art des Knochengewebes unterliegt während der Lebensperiode eines Tieres fortwährenden Variationen. Die Ansicht von Hoppe-Seiler[1]), dass die Zusammensetzung der eigentlichen Knochensubstanz keine Veränderung erleidet, sondern Calciumcarbonatphosphat und leimgebende Substanz konstante Verhältnisse zeigen und in diesem Verhältnisse gleich bei der Ossifikation entstehen, lässt sich wohl kaum mehr aufrecht erhalten. Nach Disselhorst[2]) bestehen die Knochen bei jüngen Tieren zur Hälfte, bei Erwachsenen zu $^2/_3$ und im hohen Alter zu $^7/_8$ Teilen ihres Gewichtes aus Mineralbestandteilen. „Es scheint darnach“, so fügt derselbe Autor in seiner näheren Erklärung hinzu, „als wenn der unorganische Bestandteil des Knochens mit zunehmendem Alter zugleich zunähme; das ist jedoch nicht der Fall, sondern die gekennzeichnete Verschiebung des Verhältnisses kommt durch die allmähliche Abminderung der organischen Substanz zustande.“

Um nun ein möglichst klares Bild über den verschiedenen Grad der Einwirkung genannter Faktoren zu gewinnen, habe

[1]) Physiolog. Chemie, S. 624.

[2]) Anatomie und Physiologie der grossen Haussäugetiere. Berlin 1906 S. 48.

ich in folgender Tabelle auch noch das Alter der Pferde angegeben.

Knochen No.	Rasse	Altersjahre	pro 100 Teile fettfreie Trockensubstanz sind: organ. Subst.	Mineralstoffe
2	Oberschl. Pferd	16	25,88	74,12
4	Schles. Landpferd	8	29,13	70,87
5	Belgier	10	31,89	68,11
7	Schles. Pferd	$1^1/_2$	33,36	66,64
9	Poln. Pferd	9	31,01	68,99
11	Ostpreusse	12	27,94	72,06
13	„ „	6	24,02	75,98
14	Oldenb. Dän. Pfd.	6	28,31	71,69
17b	Schles. Pferd	10	35,95	64,06
19	Schles. Pferd	16	31,14	68,86
21	schwerer Belgier	11	30,98	69,02
24	Poln. Pferd	4	30,63	69,37
46	Schles. Pferd	10	31,13	68,87
40	Ostpreusse	16	31,37	68,63
47	Oesterreicher	17	32,01	67,99
50	Ostpreusse	9	30,62	69,38

Der Knochen No. 17 ist für die Beurteilung von den anderen zunächst zu isolieren, weil der auffallend niedrige Gehalt an Knochenerde von einer Erkrankung des Pferdes an Osteomalacie herrührt. Demnächst zeichnet sich der Metakarpus des $1^1/_2$ jährigen schlesischen Pferdes durch die relativ grösste Menge organischer Bestandteile aus, dem verhältnismässig wenige Mineralsubstanzen gegenüberstehen. Diese Ausnahmestellung des Knochens lässt sich durch das junge Alter des Tieres erklären und wir haben hier eben eine Bestätigung der vorher gemachten Bemerkung, dass die Hauptbestandteile des Knochens bei jungen Tieren wesentlich andere Quantitätsverhältnisse zeigen als in späteren Jahren.

Der reichliche Gehalt an organischer Substanz bedingt auch die hohe Elastizität, die den jungen Knochen eigentümlich ist. An den anderen Beispielen lässt sich der Einfluss des Alters auf die Zusammensetzung des Knochengewebes nicht genau feststellen, weil er durch das Hervortreten anderer wichtiger Momente fast ganz verschwindet. So enthielt z. B. der Metakarpus eines

6jährigen	Ostpreussen	24,02%	eines
9 „	„	30,62%	„
12 „	„	27,94%	„
16 „	„	31,37%	

organische Substanz, wonach diese in den Knochen von Pferden höheren Alters sogar in reichlicherem Masse vorhanden ist. Die Zahlen stehen aber mit der soeben ausgesprochenen Ansicht nicht im Widerspruch, es kann trotzdem in den einzelnen Fällen mit zunehmendem Alter eine Abminderung der organischen Bestandteile, wenn auch in sehr geringem Massstabe erfolgt sein, sie sind eben nur ein Beweis dafür, dass selbst bei gleichen Knochen von Pferden, die derselben Rasse angehören, das Verhältnis zwischen organischer und anorganischer Substanz sehr variiert. So zeigen sich diese Differenzen, wie bei den Ostpreussen ebenfalls bei den schlesischen Pferden, deren Knochen untersucht wurden, wo der prozentrische Gehalt an Knochenerde zwischen 66,64; 68,87; 68,86; 70,87 und 74,12 schwankt, also in den extremen Fällen um etwa 8% differiert. Am meisten stimmen noch die Zahlen bei den belgischen und polnischen Pferden überein, bei welchen die Schwankungen bis 1% betragen, doch sind von beiden Rassen nur je zwei Vertreter vorhanden. Vergleichen wir nun die Rassen mit einander, um zu sehen, ob sie sich irgendwie in der Zusammensetzung der Knochensubstanz unterscheiden, so zeigen schon die sehr variierenden Zahlen bei dem schlesischen und ostpreussischen Pferde, dass hier von einem typischen Rassenunterschiede kaum die Rede sein kann.

Rasse	Mineralst. %	Rasse	Mineralst. %
No. 2 Schles. Pferd	74,12	No. 11 Ostpreusse	72,06
No. 4 „	70,87	„ 13 „	75,98
No. 19 „	68,86	„ 40 „	68,63
No. 36 „	68,87	„ 50 „	69,38
Summa:	282,72	Summa:	286,05
Mittelzahl:	70,68	Mittelzahl:	71,51

Die Zahlen laufen bei beiden Rassen ungefähr parallel und nach der Mittelzahl, die für das ostpreussische Pferd rund 1% Mineralsubstanz mehr angibt, ist eine charakteristische Differenz zu negieren, da die Unterschiede innerhalb der Rassen weit grösser sind.

Eine Bekräftigung dieser Tatsache finden wir noch bei der Gegenüberstellung des polnischen und belgischen Pferdes, die um so massgebender ist, da die für die einzelnen Vertreter jeder Rasse gefundenen Resultate ziemlich übereinstimmen, dann weil der Rassengegensatz des schwerfälligen Belgiers und des leichtfüssigen polnischen Pferdes besonders scharf ist.

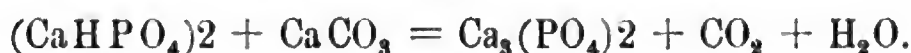
Rasse	pro 100 Teile fettfreie Trockensubst. Mineralbestandteile	Rasse	pro 100 Teile fettfreie Trockensubst. Mineralbestandteile
No. 5 Belgier	68,11	Poln. Pferd	68,99
„ 2 „	69,02	„	69,37
Summa:	137,13	Summa:	138,36
Mittelzahl:	68,56	Mittelzahl:	69,18

Wir sehen auch hier, dass ein Unterschied zwischen den Rassen kaum in Frage kommt, und ein Vergleich dieser

Zahlen mit den vorigen Resultaten führt zu dem Ergebnisse; das Verhältnis zwischen verbrennbaren Substanzen und Aschebestandteilen in den Metakarpen verschiedener Pferde ist nichts weniger als konstant, doch sind die Unterschiede lediglich Eigentümlichkeit des Individuums, nicht aber einer ganzen Rasse. Wenn nun der Gehalt des Knochens an diesen Bestandteilen den Grad der Festigkeit bedingt, so wird auch hierfür der soeben erwähnte Satz Geltung haben. Jedoch kann die Untersuchung hiermit noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden, da die genaue Bestimmung namentlich der Substanzen, die in erster Linie die Widerstandsfähigkeit des Knochens beeinflussen, für das Gesamtresultat sehr wichig ist. Einer verhältnismässig reichlicheren Menge Knochenerde, oder leimgebender Substanz müssen zwar absolut grössere Quantitäten der Stoffe, welche die genannten Hauptbestandteile zusammensetzen, entsprechen, es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass das Verhältnis dieser Substanzen zu einander noch differieren kann, wodurch das aus den bisher angeführten Zahlen berechnete Ergebnis wesentliche Verschiebungen erleiden würde. Die Zusammensetzung der fettfreien organischen Substanz, die, wie ich schon darlegte, zur Erhöhung der Festigkeit des Knochengewebes beitragen soll, lässt sich noch nicht genau feststellen. Den wichtigsten Bestandteil bildet das Glutin, eine leimartige Masse, welche man durch Kochen des Knochens in Wasser zum Teil extrahieren kann, doch gibt es keine Methode zur quantitativen Bestimmung dieses Stoffes. Da nun die fettfreie organische Substanz ausschliesslich aus N-haltigen Verbindungen besteht, und der Stickstoffgehalt dieser Stoffe beim Pferdeknochen nach Holdefleiss zwischen 14,70 und 16,51% beträgt, so müssen in derselben neben dem Glutin, das 18% Stickstoff enthält, noch andere Substanzen mit geringem Stickstoffgehalt vorhanden sein. Eine weit grössere Rolle als die leimgebenden Stoffe spielen in Bezug auf Knochenstärke ohne Zweifel die Mineralbestandteile, weshalb diese einer eingehenden chemischen Analyse unterworfen wurden. Die ohne jeden Zusatz hergestellte Knochenasche enthielt, wie

ich zunächst durch eine qualitative Analyse feststellte, Kohlensäure, Chlor, Fluor, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Eisen, Kalk, Magnesium, Kalium und Natrium. Man hat bei diesen Substanzen einen Unterschied gemacht zwischen den wesentlichen Mineralstoffen des Knochens, Fluor, Kohlensäure, Kalk, Magnesium, Phosphorsäure und Bestandteilen sekundärer Art wie Chlor, Schwefelsäure, Eisen, Kalium und Natrium, sogenannt, weil sie nicht ursprünglich zur Knochenerde gehören, sondern erst durch den Verbrennungsprozess zu derselben gelangen. Viele Analytiker betrachten das Vorhandensein derselben deshalb mit einigem Misstrauen und sind der Ansicht, dass man sie nach Bestimmung aus der Berechnung der Mineralstoffe eliminieren müsse; andere Autoren tragen wiederum kein Bedenken, diese Substanzen zu den eigentlichen Mineralbestandteilen zu rechnen, weil sie in jeder Knochenasche vorkommen. Die Schwefelsäure entsteht durch Verbrennung der schwefelhaltigen Eiweisstoffe, während Chlor, Kalium, Natrium und Eisen den noch im Knochen restierenden Blut- und Lymphgefässen entstammen sollen, die wegen der ausserordentlichen Feinheit und zahlreicher Verbreitung der Haverschen- und Grundlamellen durch noch so sorgfältiges Präparieren nicht vollständig zu extrahieren sind. Es treten aber in diesen Blut- und Lymphgefässen auch immer geringe Mengen von anderen anorganischen Stoffen wie Kalk, Phosphorsäure und Magnesium auf, sodass auch die Berechnung dieser Stoffe, falls man das Vorhandensein der Substanzen sekundärer Art in der Asche als Uebelstand ansieht, zu hoch ausfällt. Wenn man aber auf das so erhaltene Plus an Kalk, Magnesium und Phosphorsäure keine Rücksicht nimmt, was ja auch kaum möglich ist, so halte ich es für richtiger, die Frage der Entstehung hierbei überhaupt ausser Acht zu lassen und sämmtliche in der Asche vorgefundenen Substanzen als eigentliche Bestandteile zu betrachten. Es liegt auch ein exakter Beweis, ob nicht z. B. Alkalisalze, Chlorcalcium oder Chlormagnesium wirklich im Knochengewebe vorhanden sind, nicht vor. Derartige Behauptungen stützen sich darauf, dass bei Behandlung der

Knochensubstanz mit kaltem Wasser in dem Extrakt sich Kalium, Natrium, Chlor vorfinden, wodurch aber noch nicht klargelegt ist, ob diese leicht löslichen Substanzen allein der Nahrungsflüssigkeit, oder auch dem eigentlicheu Knochengewebe entzogen wurden. Die erwähnten Stoffe kommen in der Knochensubstanz als mehr oder weniger gesättigte Salze vor, die jedoch durch den Verbrennungsprozess einige Modifikationen erleiden, sodass sie sich in der Asche in wesentlich veränderter Form vorfinden. Den weitaus grössten Bestandteil der Knochenerde bildet das phosphorsaure Calcium und zwar in der Form des dreibasischen Salzes $Ca_3 (PO_4)_2$, das ca. 80—84% der Asche ausmacht. Man nimmt nun an, dass in der Knochensubstanz neben dem neutralen Calciumphosphat auch noch das ungesättigte Salz $H_2Ca_2P_2O_8$ vorkommt, weil man bei allen Analysen von Knochenasche fand, dass bei der Berechnung der erhaltenen Menge von Phosphorsäure und Kalk auf Tricalciumphosphat immer Phosphorsäure im Ueberschuss verblieb. Obschon die Begründung nicht unbedingt richtig ist, denn man weiss noch nicht, ob nicht vielleicht ein Teil des Kalkes oder der Phosphorsäure an organische Substanzen gebunden ist, so scheint doch die Annahme selbst der Wirklichkeit zu entsprechen. Wie schon bekannt, findet sich in der Asche weniger Kohlensäure vor, als in der ursprünglichen Knochensubstanz. Das Entweichen der Kohlensäure spricht für die Anwesenheit von zweibasischem Calciumphosphat, weil sich dieses Salz bei Gegenwart von kohlensaurem Kalk durch das Glühen zu Tricalciumphosphat unter Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser umsetzt nach der Formel:



$$(CaHPO_4)2 + CaCO_3 = Ca_3(PO_4)2 + CO_2 + H_2O.$$

Ausserdem lässt sich nach Holdefleiss ein Teil der Phosphorsäure aus der Knochensubstanz durch eine Lösung von zitronensaurem Ammoniak extrahieren, woraus man ebenfalls auf das Vorhandensein von zweibasischem phosphorsauren Calcium in der Knochensubstanz schliessen kann. Ueber die in den Knochen vorhandenen Mengen an diesem

Salze gehen die Ansichten der Analytiker, die für die Existenz des Di-Calciumphosphates eintreten und darnach ihre Berechnungen anstellen, auseinander. Der Behauptung Wildts[1]) die aus der Asche entschwundene Menge Kohlensäure sei der genaue Ausdruck für die in der Substanz enthaltene Quantität an zweibasischem phosphorsauren Calcium, kann man nicht Recht geben. Er selbst gibt zu, dass die nach dieser Richtung ausgeführte Berechnug nicht immer stimmt, und zwar, weil nach seiner Ansicht durch zu starkes Glühen eine weitere Umwandlung des Calciumcarbonates und des Tricalciumsphosphates zu höher basischen Salzen unter Abgabe von Kohlensäure stattfindet. Meines Erachtens ist die Annahme einer derartiger Umsetzung nicht einmal notwendig, da schon durch die beim Glühen entstandene Schwefelsäure und folgende Bildung von Calciumsulfat aus dem Carbonat ein Teil der Kohlensäure ausgetrieben wird. Schrodt[2]) berechnet das zweibasische Calciumphosphat in folgender Weise: Die Differenz zwischen den gefundenen Gewichtsmengen der Phosphorsäure Plus Calciumoxyd und derjenigen Menge, welche man hätte finden müssen, wenn alle Phosphorsäure an Calcium als dreibasisches Salz gebunden wäre, verhält sich zu dem gesuchten zweibasischen Salze wie die Differenz zwischen den Aequivalenten des zweibasischen und dreibasischen Calciumphosphates zu dem Aequivalente des zweibasischen Salzes. — Wildt dagegen stellt zunächst das Aequivalentenverhältnis der gefundenen Mengen von Calciumoxyd und Phosphorsäure fest und berechnet hieraus den Gehalt des Knochens an zweibasischem und dreibasischem Calciumphosphat. Ob eine von diesen Arten einwandfrei ist, lässt sich mit Bestimmtheit nicht sagen, jedenfalls differieren die Resultate bei den beiden Autoren ganz gewaltig, was aus den folgenden Zahlen, die ich hier einander gegenüberstelle, hervorgeht. Wildt fand naeh seiner Berechnung in Knochen, von Kaninchen, bezogen auf 100 Teile Knochenasche:

---

[1]) Versuchsstat. XV. 1872 S. 40?.

[2]) Versuchsstat. XIX. 1876 S. 349.

2 basisches Calcium-phosphat	3 basisches Calcium-phosphat	Verhältnis von
9,98 %	76,06 %	1 : 7,6
8,99	77,61	1 : 8,7
10,39	76,17	1 : 7,3
14,17	71,70	1 : 5,1
13,78	71,27	1 : 5,2
11,71	72,68	1 : 6,2
9,92	74,34	1 : 7,5
8,60	75,87	1 : 8,8
9,86	73,22	1 : 7,6
11,80	70,65	1 : 6,0
10,08	72,14	1 : 7,1
11,34	70,91	1 : 6,2

In den Analysen von Schrodt, ausgeführt am Knochenskelett eines Hundes, finden wir folgende Angaben:

2 basisch phosphorsaures Calcium	3 basisch phosphorsaures Calcium
22,90 %	58,52 %
14,53	68,51
32,28	48,20
16,75	65,13
18,25	63,10
16,32	64,77
19,75	61,91
20,18	61,20
22,05	58,77
32,21	48,17
52,18	23,40

Aus diesen Zahlen ist ein wesentlich engeres Verhältnis der beiden Phosphate zu ersehen ungefähr 1 : $^1/_2$ bis 1 : 4, und wenn man die weiter angegebenen Daten berücksichtigt bis 1 : 6. Wildt stellt nun noch die interessante Behauptung auf, dass in Knochen von Tieren, die an Osteomalacie erkrankt waren, sich verhältnismässig wenig zweibasisches Calciumphosphat vorfindet, und er suchte die Ursache der Erkrankung auf einen infolge des Mangels an Dicalciumphosphat eingetretenen verlangsamten Stoffwechsel zurückzuführen. Nach seiner Ansicht beruht die geringere Widerstandsfähigkeit des kranken Knochens auf einer veränderten Form der vorkommenden Salze, nicht aber auf geringeren Mengen von Mineralbestandteilen. Demgegenüber kann ich nur auf ein Beispiel eines von mir untersuchten kranken Knochens wie No. 17 b verweisen, der einen auffallend niedrigen Gehalt an anorganischen Substanzen zeigt. Ausser dieser wichtigsten Calciumverbindung findet sich in der Knochenasche Chlorcalcium, kohlensaures Calcium und Calciumfluorid; als Phosphate haben wir noch phosphorsaures Magnesium als dreibasisches Salz, und es verbleiben ferner Eisenoxyd und die Alkalisalze, die wahrscheinlich als Phosphate und Chloride vorhanden sind. Storch[1]) behauptet in seiner Dissertationsarbeit, dass in der Asche, die aus einer vorher nicht mit Wasser behandelten Knochenstubstanz hergestellt ist, kein Eisen vorkommt, während Schrodt und Wildt solches nur in dem Wasserextrakt gefunden haben. Bei meinen Untersuchungen konnte ich in allen Knochenaschen sichtliche Spuren von Eisen nachweisen, indem sowohl bei Behandlung der in Salzsäure aufgelösten Asche mit Ferrocyankalium eine deutliche Blaufärbung (Berliner Blau) eintrat, als auch bei der quantitativen Bestimmung aus der Lösung durch Ammoniumazetat ein Niederschlag von Ferriphosphat gefällt wnrde. Die Annahme von Wildt, dass Eisen, falls solches in der Knochenasche gefunden würde, von der Verwendung von eisernen Werkzeugen herrühre,

---

[1]) Inaug.-Diss. Untersuch. am Knochengerüst eines Rindes. 1890.

trifft in diesem Falle ebenfalls nicht zu, da die Substanz in einer Porzellanschale mit einem gleichartigen Mörser zerrieben wurde. Das Eisenoxyd war ungefähr in derselben Quantität als das Kali vorhanden, und ich habe für beide Substanzen auch die quantitative Bestimmung durchgeführt. Dagegen habe ich Kohlensäure, Fluor und Chlor nicht quantitativ bestimmt, weil die Kohlensäure zum Teil aus der Asche entschwunden war, die auch nach Ansicht mehrerer Analytiker mit kohlensaurem Ammoniak nicht vollständig restituierbar ist; ebenso war das Chlor nur noch zum Teil vorhanden. Für das Fluor gibt es zwar neuerdings eine Bestimmungsmethode, wonach dasselbe als Kieselfluorwasserstoffsäure bestimmt wird, doch da das Verfahren sehr umständlich und zeitraubend und die genaue Bestimmung des Fluors für nnseren Fall von nebensächlicher Bedeutung war, habe ich sie unberücksichtigt gelassen. Aeltere Autoren wie Wildt und Schrodt haben als Fluorgehalt die Differenz von 100 und der Summe der übrigen Stoffe angenommen, doch dürfte sich diese Zahl etwas zu hoch stellen. Da ich auf eine Bestimmung von Kohlensäure, Chlor und Fluor verzichten musste, war es mir auch nicht möglich, die Berechnung auf Salze auszuführen, deshalb sind nur die gefundenen Stoffe in der Bestimmungsform angegeben. Die Knochenasche habe ich zunächst mit Königswasser übergossen, um auch die hochbasischen Salze vollständig zu lösen. Die Lösung wurde in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade eingedampft, die restierende Masse sorgfältig zerkleinert und im Trockenschrank weiter getrocknet, dann mit salzsäurehaltigem Wasser wieder aufgelöst und aus der filtrierten Flüssigkeit sämtliche vorhandenen Stoffe mit Ausnahme des Fluors nach Angaben von Fresenius[1]) und König[2]) bestimmt. Den zur Phosphorsäurebestimmung dienenden Teil der Flüssigkeit habe ich nochmals mit concentrierter Salpetersäure eingedampft, und die trockene Substanz mit salpeter-

---

[1]) Fresenius: Anleit. z. quantitat. Analyse 1896.

[2]) König: Unters. landw. u. gewerbl. wichtig. Stoffe. 1906.

3*

säurehaltigem Wasser wieder gelöst, um für die Auflösung sämtlicher Phosphate eine Garantie zu haben, andererseits die für die Bestimmung hinderliche Salzsäure zu entfernen. Die Resultate der Analyse auf 100 Teile Asche berechnet, sind folgende:

No.	SO_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	MgO	K_2O	Na_2O
2	0,55	0,22	54,97	38,59	0,33	0,35	—
4	0,46	0,23	54,59	40,13	0,46	0,24	0,89
5	0,38	0,17	55,03	39,59	0,38	0,20	—
7	0,36	0,19	53,80	30,63	0,52	0,26	0,85
9	0,18	0,16	55,08	39,78	0,45	0,12	0,40
11	0,44	0,14	54,83	39,74	0,39	0,33	—
13	0,30	0,21	54,40	39,56	0,49	0,08	0,31
17b	0,42	0,13	54,85	41,44	0,22	0,31	1,20
19	0,57	0,35	54,50	38,92	0,41	0,29	0,47
21	0,56	0,19	54,19	39,86	0,52	0,22	1,20
24	0,39	0,22	55,07	40,13	0,37	0,03	0,55
36	0,43	0,24	54,39	40,—	0,46	0,25	2,—
40	0,40	0,15	54,45	39,66	0,51	0,27	0,45
47	0,50	0,13	55,26	39,60	0,42	0,36	0,45
50	0,44	0,27	54,10	39,63	0,46	0,21	0,85
53	0,40	0,14	54,74	39,58	0,30	0,20	1,70
56	0,31	0,18	53,59	40,16	0,40	0,24	0,92
Summa	7,09	3,32	**927,84**	**677,00**	7,09	4,04	12,25
Durchschnittszahl	0,42	0,19	54,58	39,82	0,42	0,24	0,88

Fassen wir zunächst die Durchschnittszahl ins Auge, um einen Vergleich mit anderen Analysen anzustellen. Nach Holdefleiss enthielt in 100 Teilen Asche der Karpealknochen eines

	SO_3	CaO	P_2O_5	MgO
Pferdss	0,27	53,44	38,40	0,50
Rindes	0,32	51,32	38,92	0,69
Schweines	0,23	52,57	41,88	1,24

Dass bei meiner Analyse die Durchschnittszahl für fast sämtliche Stoffe etwas differiert, liegt wohl daran, dass ich einmal die Substanzen auf die Knochenasche, wie sie zur Untersuchung kam, berechnet und die schon durch das Glühen ausgetriebenen Mineralbestandteile ausser Acht gelassen habe, dann, weil der Gehalt desselben Knochens verschiedener Pferde auch an den einzelnen anorganischen Substanzen variiert. So befinden sich in der ersteren Tabelle Zahlen, die mit denen der zweiten Tabelle fast übereinstimmen, trotzdem ist die von mir berechnete Durchschnittszahl für Schwefelsäure, Kalk und Phosphorsäure etwas höher, für Magnesium dagegen ein wenig niedriger ausgefallen, als bei den von Holdefleiss angegebenen Daten. Wenn man diese Momente berücksichtigt, wird man eine befriedigende Uebereinstimmung konstatieren müssen. Für Eisen, Kalium und Natrium sind in der Literatur keine quantitativen Aschenanalysen von Pferdeknochen vorhanden, die zu einem Vergleiche geeignet wären. Die älteren Analysen dürften namentlich in Bezug auf die Alkalien zu wenig genau sein, und Knochen von anderen Tieren hier als Beispiel zu nehmen scheint nicht geboten, denn wie wir aus der nach Holdefleiss zusammengestellten Tabelle ersehen, ist der Gehalt der Knochen an Mineralbestandteilen bei verschiedenen Tieren variabel. Hiernach enthalten die Schweineknochen 1%, die Rindsknochen sogar 2% Kalk weniger als die Pferdeknochen, während diese wiederum einen niedrigeren Gehalt an Phosphorsäure und Magnesium aufzuweisen haben. Vielleicht ist es auch von Interesse, die Differenzen der in den gleichen Pferdeknochen enthaltenen Bestandteilen hier gleich näher zu erörtern.

	SO_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	MgO	K_2O	Na_2O
Minimum:	0,18	0,13	53,59	38,59	0,22	0,03	0,31
Maxmum:	0,57	0,35	55,26	41,44	0,52	0,36	2,—
Gefundene Durchschnittszahl	0,42	0,18	54,58	39,82	0,42	0,24	0,88

Die Schwankungen im Gehalt der Knochenasche an den Stoffen belaufen sich also bei der Schwefelsäure auf 0,39, bei Eisen auf 0,22, bei Magnesium auf 0,3, Kali 0,33, Natron 1,69°/₀ sind also abgesehen vom Natron sehr gering. Am meisten differieren die Zahlen bei den wesentlichsten Substanzen des Knochens, bei Kalk und Phosphorsäure und zwar bei dieser um 2,85°/₀, bei jenem um 1,67°/₀, immerhin ein Unterschied, der vielleicht bei der Berechnung auf frische und fettfreie Knochensubstanz noch mehr zur Geltung kommt.

Auf 100 Teile frische Substanz berechnet, sind die Resultate folgende:

Knoch. No.	Mineral-bestandtl.	SO_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	MgO	K_2O	Na_2O
2	66,08	0,36	0,15	36,32	25,50	0,22	0,23	—
4	63,58	0,29	0,10	34,71	25,51	0,14	0,15	0,57
5	61,00	0,23	0,10	33,57	24,15	0,23	0,17	—
7	60,05	0,22	0,11	32,31	23,80	0,31	0,16	0,51
9	62,47	0,11	0,10	34,41	24,85	0,28	0,07	0,26
11	65,24	0,29	0,09	35,77	25,92	0,25	0,22	—
13	67,18	0,20	0,14	36,55	26,58	0,33	0,05	0,21
17b	60,14	0,24	0,08	32,99	24,92	0,13	0,19	0,72
19	63,20	0,36	0,22	34,44	24,90	0,26	0,18	0,30
11	61,86	0,35	0,12	33,52	24,66	0,32	0,14	0,74
24	62,35	0,24	0,14	34,34	25,02	0,23	0,02	0,34
36	63,68	0,27	0,15	34,64	25,47	0,29	0,16	1,27
40	62,31	0,25	0,09	33,92	24,71	0,32	0,17	0,28
47	62,28	0,31	0,08	33,42	24,66	0,26	0,22	0,28
50	63,63	0,28	0,17	34,42	25,32	0,29	0,13	0,54
53	62,25	0,25	0,11	34,08	24,64	0,19	0,12	1,05
56	64,16	0,19	0,12	34,38	25,77	0,26	0,15	0,59

Auf 100 Teile fettfreie Trockensubstanz kommen:

No.	Mineral-bestandtl.	SO_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	MgO	K_2O	Na_2O
2	74,12	0,41	0,16	40,74	28,60	0,24	0,26	—
4	70,87	0,33	0,16	38,69	28,44	0,33	0,17	0,63
5	68,11	0,26	0,12	37,48	26,96	0,26	0,19	—
7	66,64	0,24	0,13	36,38	26,41	0,35	0,17	0,57
9	68,99	0,12	0,11	38,—	27,44	0,31	0,08	0,28
11	72,06	0,32	0,10	39,51	28,64	0,28	0,24	—
13	75,98	0,23	0,16	41,33	30,06	0,37	0,06	0,22
17b	64,05	0,27	0,08	35,13	26,54	0,14	0,20	0,77
19	68,86	0,39	0,24	37,52	26,80	0,28	0,20	0,32
21	69,02	0,39	0,13	37,40	27,51	0,36	0,15	0,83
24	69,37	0,27	0,15	38,20	27,84	0,26	0,02	0,38
36	68,87	0,30	0,17	37,46	27,55	0,32	0,17	1,38
40	68,63	0,27	0,10	37,37	27,22	0,35	0,18	0,31
47	67,99	0,34	0,08	37,57	26,92	0,29	0,24	0,31
50	69,38	0,31	0,19	37,53	27,50	0,32	0,15	0,59
53	69,62	0,28	0,10	38,11	27,56	0,21	0,14	1,18
56	69,83	0,22	0,13	37,42	28,04	0,28	0,17	0,64

Stellen wir wiederum die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Gehalt an den einzelnen Stoffen fest, so finden wir, dass einige Veränderungen eingetreten sind. In der frischen Substanz haben wir:

%

	SO_3	F_2O_3	CaO	P_2O_5	MgO	K_2O	Na_2O
Maximum:	0,36	0,22	36,55	26,58	0,33	0,23	1,27
Minimum:	0,11	0,08	32,31	23,80	0.13	0,02	0,20
Differenz:	0,25	0,14	4,24	2,78	0,20	0,21	1,07

bei der fettfreien Trockensubstanz:

%

	SO_3	F_2O_3	CaO	P_2O_5	MgO	K_2O	Na_2O
Maximum:	0,41	0,24	41,33	30,06	0,37	0,26	1,38
Minimum:	0,12	0,08	36,38	26,41	0,14	0,02	0,22
Differenz:	0,29	0,16	4,95	3,65	0,23	0,24	1,16

Bei den in der Substanz in geringen Mengen auftretenden Stoffen sind die Zahlen verhältnismässig ziemlich gleich geblieben, ebenso ist für die Phosphorsäure keine wesentliche Verschiebung zu konstatieren, nur bei der Berechnung auf fettfreie Trockensubstanz hat sich die Differenz zwischen den beiden äussersten Substanzmengen von 2,85% in der Asche auf 3,65% erhöht; beim Kalk ist dieser Unterschied sogar von 1,67% in der Asche auf 4,24% in der frischen Substanz und auf 4,95% in der fettfreien Trockensubstanz gestiegen. Diese Zahlen geben uns zwar keine Berechtigung, eine derartige Verschiebung bei allen untersuchten Knochen anzunehmen, sie sind nur ein Beweis, dass der prozentische Gehalt an einzelnen Stoffen in den verschiedenen Knochen auch variiert. Diese Schwankungen der Substanzmengen in den Knochen verlaufen oft bei allen Stoffen proportional, doch ist auch das Verhältnis der einzelnen Substanzen zu einander nicht immer konstant. In der Asche von Knochen No. 17 b finden sich im Vergleich zum Kalk sehr reichliche Mengen Phosphorsäure und zwar zu

54,85% CaO 41,44% P_2O_5

im Vergleich zur Durchschnittszahl

54,88% CaO 39,82% P_2O_5

Dieser Fall ist insofern interessant, weil der Knochen von einem kranken Tiere stammt. Da nämlich auch die übrigen Phosphorsäure bindenden Bestandteile hier nicht in aussergewöhnlich hohen Quantitäten vorkommen, so muss sich bei der Berechnung auf Salze ein um so grösserer

Ueberschuss von Phosphorsäure ergeben, was wiederum auf einen höheren Gehalt, falls wir überhaupt einen solchen acceptieren, an zweibasisch phosphorsaurem Calcium schliessen lässt. Das Resultat steht also mit der schon angeführten Hypothese von Wildt, dass die Ursachen der Knochenbrüchigkeit vielleicht in einem Mangel an zweibasischem Calciumphosphat zu suchen seien, im Widerspruch. — Durch die reichlichen Phosphorsäuremengen der Asche zeigt der Knochen No. 17b, obwohl er, auf fettfreie Trockensubstanz berechnet, bei weitem den geringsten Gehalt an Mineralbestandteilen hat, noch einen höheren Gehalt an Phosphorsäure als der Knochen No. 7. Da überhaupt für die weitere Erörterung nur Kalk und Phosphorsäure als die für die Knochen wichtigsten Mineralbestandteile in Betracht kommen, so habe ich zur besseren Uebersicht den Gehalt an diesen beiden Stoffen in den drei Berechungsarten nochmals zusammengestellt:

	Auf 100 Teile Asche kommen		Auf 100 Teile frische Substanz kommen		Auf 100 Teile fettfreie Trockensubst. kommen	
	CaO	P_2O_5	CaO	P_2O_5	CaO	P_2O_5
2	54,97	38,59	36,32	25,50	40,74	28,60
4	54,59	40,13	34,71	25,51	38,69	28,44
5	55,03	39,59	33,57	24,15	37,48	26,96
7	53,80	39,63	32,31	23,80	36,38	26,41
9	55,08	39,78	34,41	24,85	38,00	27,44
11	54,83	39,74	35,77	25,92	39,51	28,64
13	54,40	39,56	36,55	26,58	41,33	30,06
17b	54,85	41,44	32,99	24,92	35,13	26,54
19	54,50	38,92	34,44	24,60	37,52	26,90
21	54,19	39,86	33,52	24,66	37,40	27,51
24	55,07	40,13	34,34	25,02	38,20	27,84
36	54,39	40,00	34,64	25,47	37,46	27,55
40	54,45	39,66	33,92	24,71	37,37	27,22
47	55,26	39,60	33,42	24,66	37,57	26,92
50	54,10	39,63	34,42	25,32	37,53	27,50
53	54,74	39,58	34,08	24,64	38,11	27,56
56	53,59	40,16	34,38	25,77	37,42	28,04

Die Asche von Knochen No. 2. zeigt einen ziemlich hohen Kalkgehalt, der sich besonders in den beiden anderen Kolumnen bemerkbar macht, dagegen hat die Asche einen niedrigen Phosphorsäuregehalt, trotzdem nimmt derselbe bei der frischen Substanz und fettfreien Trockensubstanz wegen der reichlichen Mineralstoffmengen des Knochens unter den übrigen eine verhältnismässig hohe Stellung ein. Er übertrifft sogar den Knochen No. 4 in der dritten Kolumne und ist ihm gleich in der zweiten, obschon die Asche dieses Knochens 1,5% Phosphorsäure mehr enthält. Bei dem Metakarpus No. 5 bemerken wir einen besonders hohen Gehalt an Kalk, während derselbe auf Knochensubstanz berechnet, ebenso wie an Phosphorsäure sehr niedrig erscheint. Reichlichere Mengen von Kalk und Phosphorsäure enthält schon die Knochensubstanz von No. 9, doch sind auch diese Quantitäten im Vergleich zur Asche, die von allen den höchsten Kalkgehalt hat, ziemlich gering. Mit dieser ungefähr gleichen Kalkgehalt zeigt dann die Asche von dem Knochen No. 24, dem ebenso reichliche Phosphorsäuremengen entsprechen, doch ist das Verhältnis der Asche zur frischen Knochensubstanz ein ähnliches wie in No. 9. Der Knochen No. 56 hat in der frischen Substanz denselben Kalkgehalt wie der Knochen No. 24, trotzdem die Asche 1,48% weniger Kalk enthält. Ausserdem hat dieser Knochen die höchsten Phosphorsäuremengen nächst No. 17, von dem schon die Rede war, aufzuweisen. Andererseits enthält die Asche von No. 11 und No. 13 relativ wenig Kalk und Phosphorsäure, dagegen hat die Knochensubstanz in No. 11 einen hohen, in 13 den höchsten Gehalt an beiden Bestandteilen von allen Knochen. Von den übrigen Metakarpen, die in Bezug auf Kalk und Phosphorsäuregehalt auf fast gleichem mittlerem Niveau stehen und auch in den drei Berechnungsarten fast proportionale Schwankungen zeigen, ist nichts besonders hervorzuheben. Es kommt nun vor allem noch darauf an, festzustellen, ob ein höherer oder niedriger Gehalt an Kalk oder Phosphorsäure zu dem Alter oder den Rassen der Pferde in bestimmter Beziehung steht. Denn ich glaube hinreichend

dargelegt zu haben, dass man aus den vorhandenen Gesamtmengen von Asche allein keine vollkommen richtigen Schlüsse ziehen kann, da die einzelnen Mineralsubstanzen, namentlich Kalk und Phosphorsäure oft eine zu diesen unproportionale Stellung einnehmen. In der folgenden Tabelle habe ich deshalb bei dem Gehalt der frischen Substanz und der fettfreien Trockensubstanz an genannten Stoffen auch noch Alter und Rasse der Pferde angegeben:

No.	Rasse	Alters-Jahr	In 100 Teilen frisch. Knochensubstanz sind enthalten:		In 100 Teilen fettfreier Trockensubstanz sind enth.	
			CaO	P_2O_5	CaO	P_2O_5
2	oberschl.Pf.	16	36,32	25,50	40,74	28,60
4	Schl. Pferd	8	34,71	25,51	38,69	28,44
5	Belgier	10	33,57	24,15	37,48	26,96
7	Schl. Pferd	1 1/2	32,31	23,80	36,38	26,41
9	Poln. Pferd	9	34,41	24,85	38,00	27,44
11	Ostpreusse	12	35,77	25,92	39,51	28,64
13	Ostpreusse	6	36,55	26,58	41,33	30,06
17b	Schl. Pferd	10	32,99	24,92	35,13	26,54
19	Schl. Pferd	16	34,44	24,60	37,52	26,80
21	Schwerer Belgier	11	33,52	24,66	37,40	27,51
24	Poln. Pferd	4	34,34	25,02	38,20	27,84
36	Schl. Pferd	10	34,64	25,47	37,46	27,55
40	Ostpreusse	16	33,92	24,71	37,37	27,22
47	Oesterreich.	17	33,42	24,66	37,57	26,92
50	Ostpreusse	9	34,42	25,32	37,53	27,50
53	unbekannt	—	34,08	24,64	38,11	27,56
56	„	—	34,38	25,77	37,42	28,04

Um zunächst eine eventuelle Einwirkung des Alters auf den Gehalt des Knochens an Kalk und Phosphorsäure genau zu konstatieren, habe ich einige Knochen von Pferden derselben Rasse und verschiedenen Alters zusammengestellt.

No.	Rasse	Alter	Auf 100 Teile frische Substanz kommen:		Auf 100 Teile fettfreie Trockensubstanz kommen:	
			CaO	P_2O_5	CaO	P_2O_5
7	Schl. Pferd	$1^1/_2$	32,31	23,80	36,38	26,41
4	Schlesisches Landpferd	8	34,71	25,51	38,69	28,44
36	Schl. Pferd	10	34,64	25,47	37,46	27,55
2	Schl. Pferd	16	36,32	25,50	40,74	28,60
19	Schl. Pferd	16	34,44	24,60	37,52	26,80

Wir sehen auch hier, was ich schon bei der Angabe der Gesamtasche klarlegte, einen grossen Unterschied zwischen dem Knochen eines noch im Wachstum begriffenen und eines ausgewachsenen Pferdes in Bezug auf seinen Gehalt an Kalk und Phosphorsäure, der in der Jugend verhältnismässig sehr gering ist. Es steht wohl ausser Zweifel, dass auch ein stufenweises Anwachsen, namentlich des Kalkgehaltes mit den Jahren erfolgt, und es ist leicht möglich, dass, wie aus der vorhergehenden Tabelle ersichtlich, die Differenz des Kalkgehaltes der Knochen bei Pferden von

$1^1/_2$, 8—10 und 16 Jahren

von 32 zu 34 zu 36 % hauptsächlich auf den Einfluss des Alters zurückzuführen ist. Man könnte aber die Einwirkung des Alters nur genau feststellen, wenn das Verhältnis der den Knochen bildenden Substanzen zu einander bei gleichaltrigen Tieren derselben Rasse konstant wäre, was aber wie die in der letzten Tabelle für die Knochen No. 2 und No. 13 angeführten Zahlen deutlich zeigen, durchaus nicht der Fall ist. Ein ähnlicher individueller, vom Alter unabhängiger Unterschied der in Knochen vorkommenden Substanzmengen innerhalb einer Rasse macht sich auch bei den übrigen angeführten Pferdetypen bemerkbar. So enthält der Knochen eines 16jährigen Ostpreussen in der frischen Substanz 33,92% CaO 24,71% P_2O_5 in der fettfreien Trockensubstanz 37,37% CaO und 27,22 % P_2O_5, eines 6jährigen Ostpreussen dagegen in der

ersten Kolumne 36,55 % CaO 26,58 % P_2O_5 und in der zweiten 41,33 % CaO, 30,06 % P_2O_5, was eine Differenz von 3,45 % CaO und 2,51 % P_2O_5 für den frischen Knochen und für die fettfreie Trockensubstanz sogar 4,78 % CaO und 3,48 % P_2O_5 ausmacht. Zwischen den beiden belgischen und ebenso den polnischen Pferden ist diese Differenz der Zahlen allerdings sehr gering und beträgt im äussersten Falle ca. 0,5 %. Bei den letztgenannten Pferden wird man deshalb eher in der Lage sein, einen charakteristischen Rassenunterschied, bezüglich der Knochensubstanz, falls ein solcher besteht, zu konstatieren, als bei den anderen, bei denen die Differenz der Substanzmengen innerhalb der Rasse sehr gross ist. Um nun klarzulegen, ob ein solcher Unterschied zwischen den einzelnen Rassen, bezw. Lauf- und Schrittpferden in Bezug auf den Gehalt an Kalk und Phosphorsäure existiert, habe ich noch in folgender Tabelle die

No.	Rasse	In der frischen Substanz %		In der fettfreien Trockensubstanz %	
		CaO	P_2O_5	CaO	P_2O_5
4	Poln. Pferd	34,41	24,85	38,00	27,44
24	„ „	34,34	25,02	38,20	27,84
13	Ostpreusse	36,55	26,58	41,33	30,06
40	Ostpreusse	33,92	24,71	37,37	27,22
11	Ostpreusse	35,77	25,92	39,51	28,64
50	Ostpreusse	34,42	25,32	37,53	27,50
2	Schles. Pferd	36,32	25,50	40,74	28,60
4	„ „	34,71	25,51	38,69	28,44
19	„ „	34,44	24,60	37,52	26,80
36	„ „	34,64	25,47	37,46	27,55
	Durchschnittszahl	34,95	25,35	38,64	28,01
5	Belgier	33,57	24,15	37,48	26,96
21	Belgier	33,52	24,66	37,40	27,51
	Durchschnittszahl	33,55	24,42	37,44	27,24

verschiedenen Rassen zusammengestellt und zwar in der Weise, dass an erster Stelle die warmblütigen Pferde, an zweiter die Vertreter der Kaltblutrasse angeführt sind.

In dieser Tabelle sind die Knochen No. 7 und No. 17b nicht mitangeführt, weil der eine von einem sehr jungen, der andere von einem kranken Tier abstammt. Ferner habe ich hier die Röhrbeine des österreichischen Pferdes unberücksichtigt gelassen, denn es ist immerhin gewagt, ein einzelnes Tier als Repräsentant einer ganzen Rasse hinzustellen. Die Knochen der beiden polnischen und belgischen Pferde sind schon eher ausschlaggebend für den ganzen Typus, weil die Analysen in beiden Fällen sehr gut übereinstimmen. Wie nun aus der Tabelle ersichtlich, zeigen die Metakarpen der sehr leichten polnischen Pferde nur einen mittelmässig hohen Gehalt an Kalk und Phosphorsäure und werden hieran von den ostpreussischen und schlesischen Pferden übertroffen. Bei den zuletzt genannten Pferdegattungen finden wir in dieser Hinsicht keinen Unterschied; es gibt bei beiden Rassen Knochen mit sehr hohem und sehr niedrigem Kalk- und Phosphorsäuregehalt. Verhältnissmässig geringe Mengen von genannten Bestandteilen enthalten sodann die Röhrbeine der Belgier, sodass sie in Bezug hierauf unter den Pferdegruppen an letzter Stelle stehen und zwar haben ihnen gegenüber in der Mittelzahl ein Plus von .

	In der frischen Substanz %		in der fettfreien Trockensubstanz %	
	CaO	P_2O_5	CaO	P_2O_5
die polnischen Pferde:	0,83	0,53	0,66	0,41
die Ostpreussen:	1,62	1,23	1,59	1,13
die schlesischen Pferde:	1,48	0,85	1,16	0,61

Die grösste Differenz besteht zwischen Belgier und Ostpreussen, und die Knochen der letzteren Pferde haben sich somit als die härtesten erwiesen.

Dann folgen nach dem Härtegrade der Knochen die schles. Pferde, die polnischen Pferde und die Belgier, d. h. entsprechend der Mittelzahl, denn wie wir gesehen, variieren die Zahlen innerhalb der Rasse, besonders bei den Ostpreussen und schlesischen Pferden sehr stark, sodass der individuelle Unterschied hier eben so gross ist und noch grösser wie zwischen den verschiedenen Rassen. Dass aber der Gehalt an Kalk und Phosphorsäure bei den Knochen sämtlicher warmblütigen Pferde höher ist, als bei den Metakarpen der Belgier, des kaltblütigen Pferdes, scheint beachtenswert zu sein und dürfte auf einen, wenn auch geringen charakteristischen Unterschied in Bau und Widerstandsfähigkeit der Knochen bei den beiden grossen Pferdegruppen schliessen lassen.

Hiernach wäre die alte Ansicht, die in neuerer Zeit wieder von Krämer verfochten wurde, dass die Knochen der edlen Pferde fester seien, im gewissen Sinne richtig, da man wohl annehmen darf, dass der Härtegrad wesentlich von dem Gehalt der Knochen an Kalk und Phosphorsäure abhängt. Die Rassenunterschiede sind nach dieser Richtung aber so minimal, dass sie neben der individuellen Verschiedenheit fast gänzlich verschwinden und erst durch eine spezielle chemische Analyse festgestellt werden konnten. Deshalb steht das Endresultat durchaus nicht mit den Ergebnissen Wolter's im Widerspruch, denn die mechanischen Versuche, besonders die Prüfung auf Widerstandsfähigkeit können nie so genau sein, dass dort 0,5 bis 1,5 % Kalk mehr oder weniger eine Rolle spielen. Die geringe Differenz im Kalk- und Phosphorsäuregehalt der Knochen, die bei den Lauf- und Schrittpferden in der Tat vorhanden zu sein scheint, berechtigt daher noch nicht zu der Behauptung, dass die Knochen der edlen Pferde an Qualität der Substanz ersetzt, was sie an Volumen eingebüsst haben.

Lebenslauf.

Ich, Johannes Joseph Janning, wurde geboren am 13. September 1882 zu Cöde bei Münster in Westfalen als der Sohn des Gutsbesitzers Heinrich Janning und seiner Ehefrau Anna geb. Schwermann. Nach Absolvierung der Volksschule kam ich Ostern 1895 auf das Königl. Paulinische Gymnasium zu Münster, welches ich Ostern 1903 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Zunächst besuchte ich dann die technische Hochschule zu München und darauf die Universität Halle um Naturwissenschaften und Landwirtschaft zu studieren. Auf Grund eines sechssemestrigen Studiums und einer mehrjährigen Praxis unterzog ich mich in Halle Weihnachten 1906 der landwirtschaftlichen Staatsprüfung. Nach bestandenem Examen wurde ich vom 1. März 1907 ab am Institut für Tierproduktionslehre der Universität Breslau als Assistent angestellt, in welcher Stellung ich bis jetzt verblieb.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Kollegien, Seminare und Praktika folgender Herren Professoren in München:

Ebert, Goebel, Haushofer, Hofer, Muthmann, Pott, Soxhlet, Stoss.

in Halle:

Bode, Disselhorst, Dorn, Elzbacher, v. Fritsch, Fischer, Holdefleiss. Grenacher, Klebs, Konrad, Kühn, Schneidewind, Steinbrück, Upphues, Volhard, Wohltmann.

Allen diesen meinen verehrten Herrn Lehrern drücke ich hiermit meinen herzlichsten Dank aus.